



TUGAS AKHIR– TM 145547

# **UJI KARAKTERISTIK KENDARAAN FIN KOMODO KD 250 AT MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR LPG**

NAUFAL ADHIMA RIZQULLAH  
NRP 2114 030 065

Dosen Pembimbing  
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.  
NIP. 19610602 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017



TUGAS AKHIR - TM 145547

**UJI KARAKTERISTIK KENDARAAN FIN  
KOMODO KD 250 AT MENGGUNAKAN  
BAHAN BAKAR LPG**

NAUFAL ADHIMA RIZQULLAH  
NRP. 2114 030 065

DosenPembimbing :  
Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.  
NIP. 19610602 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

# **UJI KARAKTERISTIK KENDARAAN FIN KOMODO KD 250 AT MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR LPG**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada  
Bidang Studi Konversi Energi  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA

Oleh :

**Naufal Adhima Rizullah**

NRP. 2114 030 65

Mengetahui dan Menyetujui :  
**Dosen Pembimbing**

**Iri Joko Sarsetiyanto, MT.**

NRP. 19640602 198701 1 001

SURABAYA

JULI 2017

# **UJI KARAKTERISTIK KENDARAAN FIN KOMODO KD 250 AT MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR LPG**

**Nama Mahasiswa : Naufal Adhima Rizqullah**  
**NRP : 2114 030 065**  
**Jurusan : Departemen Teknik Mesin industri**  
**FV - ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Joko Sarsetyanto, MT**

## **Abstrak**

Semakin menipisnya cadangan minyak dunia maka kebutuhan akan pengganti bahan bakar tersebut itu juga semakin meningkat. Maka suatu solusi alternatif ialah menggunakan bahan bakar LPG (Liquid Petroleum Gas ).

Agar dapat menggunakan bahan bakar LPG, motor bensin harus dilakukan modifikasi terhadap karburatornya. Dengan jalan memodifikasi karburator. Bagian yang perlu diubah adalah saluran diameter masuk bahan bakar dan penempatannya. Diameter nozzle harus dapat memberi massa bahan bakar yang cukup untuk kebutuhan mesin. Penempatannya harus bisa menghasilkan pencampuran bahan bakar yang homogen.

Dari hasil percobaan didapat data bahwa semakin naik putaran bahan bakar yang digunakan semakin banyak. Semakin banyaknya bahan bakar yang digunakan semakin besar daya yang dihasilkan dan daya terbesar didapat pada putaran 5800 sebesar 12,5 hp. Torsi maksimal yang dihasilkan didapat pada putaran 3800 sebesar 17,37 Nm

**Kata kunci : unjuk kerja, fin komodo, LPG.**

# **TEST CHARACTERISTIC VEHICLE FIN KOMODO KD 250 AT USING LPG**

**Student Name : Naufal Adhima Rizullah**  
**NRP : 2114 030 065**  
**Department : Departement Industrial Mechanical  
Engineering FV-ITS**  
**Counselor Lecturer : Ir. Joko Sarsetyanto, MT**

## **Abstract**

*The depletion of world oil reserves, the need for replacement of oil fuels is also increasing. So one solution is to use LPG (Liquid Petroleum Gas) as an alternative fuel.*

*In order to use LPG, the gasoline engine must be modified carburetor. The modified take place in fuel nozzle diameter and it's position must can enough fuel to the engine. the position of the nozzle must be in the right place, so can create vortex flow to mix fuel and air.*

*The result shows that higher engine rotation, higher fuel consumption and also higher engine power. Best engine power at 5800 rpm with 12,5 hp and best torsion at 3800 rpm with 17,37 Nm.*

**Keyword : performance, fin komodo, LPG fuel.**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikumWr.Wb.

AlhamdulillahRabbil'Alamin, Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menuntaskan seluruh pengerjaan Tugas Akhir ini yang berjudul : Uji Karakteristik Kendaraan Fin Komodo KD 250 AT Menggunakan Bahan Bakar LPG.

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan akademis dan memperoleh gelar Ahli Madya dalam menempuh pendidikan Bidang Studi Konversi Energi di program Studi D3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yakni:

1. **Bapak Ir. Joko Sarsetiyanto, MT.** Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu mengenai motor pembakaran dalam yang terkait dengan tugas akhir.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
3. **Bapak Ir. Suhariyanto, MT.** Selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
4. **Para Dosen Penguji** selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
5. Ayah (Ir. Purwanto Agus Juwanto), Ibu (Tri Suryani, SE.), dan Adik (Hana Putri Tuadayani) yang selalu memberikan cinta kasih, doa dan dukungan.

6. **Pak Warmin** Sebagai pemilik mobil Fin Komodo yang telah mengizinkan mobil tersebut untuk dilakukan pengujian tugas akhir ini.
7. **Seluruh Dosen dan Karyawan** yang telah banyak membimbing penulis dalam menggali ilmu di D3 Teknik Mesin ITS.
8. **Mas Sapto Wisasno** Selaku Aslab yang telah memberikan ijin meminjam alat-alat untuk pengerjaan tugas akhir ini.
9. **Damara Aji Sutejo** atas kerjasamanya dalam mengerjakan dan menjadi partner yang baik dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. **Seluruh teman-teman Warga Angkatan 2014** yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terima kasih atas segala kritik dan saran serta motivasi yang telah kalian berikan.
11. Semua pihak yang belum disebutkan di atas yang telah memberikan do'a, bantuan, dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Surabaya, September 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>

## BAB I

<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metode Penelitian .....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	4

## BAB II

<b>DASAR TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1. Motor Bensin Empat Langkah (4 tak) .....	7
2.1.1 Prinsip Kerja .....	7
2.1.2 Konstruksi .....	11
2.2. Siklus Aktul Motor Bensin 4 Langkah .....	19
2.2.1 Langkah Hisap .....	20
2.2.2 Langkah Kompresi .....	20
2.2.3 Langkah Ekspansi .....	20
2.2.4 Langkah Buang .....	20
2.3. Bahan Bakar LPG .....	20
2.4. Proses Pembakaran .....	22
2.4.1 Perbandingan Udara-Bahan Bakar .....	22
2.4.2 Pembakaran Dalam SIE .....	23
2.5. Pengukuran .....	24
2.5.1 Pengukuran Tekanan Bahan Bakar Gas .....	24
2.5.2 Pengukuran Laju Bahan Bakar Gas .....	25



2.5.3 Pengukuran Putaran Mesin.....	27
2.5.4 Pengukuran <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR).....	27
2.6 Unjuk Kerja.....	29
2.6.1 <i>Performance</i> Mesin.....	29
2.6.2 Tekanan Efektif Rata-Rata (bmep).....	29
2.6.3 Daya.....	30
2.6.4 Torsi.....	31

### **BAB III**

<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1. Penelitian .....	33
3.2. Tempat Penelitian .....	33
3.3. Instalasi Percobaan .....	33
3.4. Peralatan Percobaan .....	34
3.5. Bahan Bakar Uji.....	41
3.6. Prosedur Pengujian.....	42
3.6.1 Prosedur Persiapan Pengujian.....	42
3.6.2 Prosedur Saat Pengujian .....	43
3.6.3 Prosedur Setelah Pengujian.....	43
3.7. Prosedur Percobaan.....	44
3.8. Diagram Alir Pengujian.....	44
3.8.1 Diagram Alir Pengujian Dengan LPG.....	44

### **BAB IV**

<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
4.1. Data Hasil Penelitian.....	47
4.2. Analisa Hasil Pengujian Mesin Mobil Fin Komodo KD 250AT Menggunakan Bahan Bakar gas LPG .....	48
4.3. Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar LPG .....	48
4.3.1. Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar LPG Pada Putaran Idle 2300 RPM.....	49
4.3.2. Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar LPG Pada Putaran Tinggi 5800 RPM.....	52
4.4. Perhitungan Air Fuel ... ..	55
4.5. Perhitungan Unjuk Kerja.....	56
4.5.1 Tekanan Efektif rata-rata (Bmep).....	57
4.5.2 Daya (N).....	57

4.5.3 Torsi (T) .....	58
4.6 Hasil Percobaan .....	59
4.6.1 Hasil Laju Aliran Massa Gas LPG Saat Iddle Dan Akselerasi .....	59
4.6.2 Hasil Perhitungan Daya Dan Torsi.....	60

## **BAB V**

### **PENUTUP ..... 61**

5.1. Kesimpulan .....	61
-----------------------	----

5.2. Saran .....	61
------------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **BIODATA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus 4 langkah.....	8
Gambar 2.2. Diagram P-V dari siklus ideal mesin bensin 4 langkah.....	9
Gambar 2.3. Konstruksi Mesin Bensin Empat Langkah.....	11
Gambar 2.4. Piston.....	12
Gambar 2.5. Mekanisme Katup.....	13
Gambar 2.6. Bagian-Bagian Karburator.....	15
Gambar 2.7. Busi.....	17
Gambar 2.8. Diagram P – V Siklus Aktual.....	18
Gambar 2.9. Siklus Aktual 2 Langkah dan 4 Langkah.....	19
Gambar 2.10. Diagram P-V Teoritis.....	22
Gambar 2.11. Air Fuel Ratio.....	24
Gambar 2.12. Aplikasi Persamaan Bernoulli.....	24
Gambar 2.13. Karburator Tampak Samping Setelah Dimodifikasi.....	27
Gambar 2.14. Karburator Tampak Depan Setelah Dimodifikasi.....	27
Gambar 2.15. Karburator Tampak Belakang Setelah Dimodifikasi.....	28
Gambar 2.16. Notasi Tekanan Gas LPG pada Pressure Gauge.....	28
Gambar 2.17. Pitot Tube.....	29
Gambar 2.18. Tecnotest Saat Pengukuran RPM.....	32
Gambar 3.1. Skema Instalasi Percobaan Sederhana.....	37
Gambar 3.2. Instalasi Percobaan Mesin Mobil Fin Komodo KD 250AT bahan bakar Gas LPG.....	38
Gambar 3.3. Mobil Fin Komodo KD 250AT.....	39
Gambar 3.4. Karburator mobil Fin Komodo KD 250AT....	40
Gambar 3.5. Pressure Gauge 2Bar.....	40
Gambar 3.6. Pressure Gauge 1Bar.....	40
Gambar 3.7. Pressure Gauge 60mBar.....	41
Gambar 3.8. Tecnotest.....	41
Gambar 3.9. Manometer Tabung Pipa U.....	42
Gambar 3.10. Katup Solenoid.....	42

Gambar 3.11. Pressure Regulator Manual.....	43
Gambar 3.12. Pressure Regulator Manual.....	43
Gambar 3.13. Tachometer.....	44
Gambar 3.14. Diagram Alir Pengujian Bahan bakar LPG....	48
Gambar 4.1. Grafik Hasil laju aliran massa gas LPG saat iddle dan akselerasi perjam.....	62
Gambar 4.2. Grafik perhitungan daya dan torsi berbanding dengan putaran.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Nilai Massa Jenis Bahan Bakar Uji.....	41
Tabel 4.1. Hasil pengamatan ketinggian manometer tabung U pitot dan tekanan manometer terhadap variasi putaran .....	48
Tabel 4.2. Hasil laju aliran massa gas LPG saat iddle dan akselerasi perjam.....	59
Tabel 4.3. Hasil perhitungan daya dan torsi berbanding dengan putaran.....	60

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan salah satu sumber energi yang sangat populer dalam hal sumber bahan bakar yang dikarenakan tingkat kegunaannya yang cukup tinggi, namun bahan bakar yang diperoleh dari minyak fosil ini juga membawa dampak buruk yang tidak sedikit bagi lingkungan sekitar. Dikarenakan masalah itu, pada saat ini masyarakat global tengah meyerukan dampak yang berbahaya ke lingkungan dari bahan bakar ini. Tak sedikit pula masyarakat yang berlomba-lomba mencari pengganti dari bahan bakar ini, yang lebih ramah lingkungan dan bersifat *renewable* atau terbarukan. Salah satu bahan bakar pengganti tersebut ialah LPG (*Liquid Petroleum Gas*) yang merupakan bahan bakar yang berasal dari gas bumi dimana dapat diketahui di Indonesia cadangan gas bumi cukup melimpah

Sebagai upaya langkah untuk meningkatkan penggunaan bahan bakar LPG adalah dengan pengembangan teknologi mesin konversi energi, misalnya melalui kajian modifikasi suatu mesin otomotif sebagai pembangkit daya. Dalam pengoptimalan sumber daya terbarukan ini, penggunaan energi bahan bakar gas LPG (*Liquid Petroleum Gas*) pada motor bakar dirasa masih kurang dan belum dapat digunakan secara merata. Umumnya motor bakar seperti mesin otomotif masih banyak menggunakan bahan bakar minyak (BBM), yakni menggunakan bahan bakar bensin. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai mesin otomotif yang berbahan bakar bensin untuk dimodifikasi menggunakan bahan bakar LPG

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas mengenai modifikasi mesin otomotif motor bensin empat langkah menjadi mesin otomotif dengan bahan bakar LPG. Kemudian melakukan rancang bangun dalam hal mekanisme pemasukan dan

pencampuran antara udara dan LPG serta melakukan modifikasi pada karburator. Namun sama halnya dengan minyak bumi, LPG merupakan jenis bahan bakar yang tidak dapat diperbarui. Sehingga harus dicari alternatif yang lebih baik daripada bahan bakar LPG.

Dalam penelitian berikut ini dilakukan pengujian pada nilai-nilai yang menjadi parameter unjuk kerja seperti bsfc, daya dan torsi dari mesin KD 250 AT. Metode pengujian menggunakan uji putaran konstan terhadap performa mesin KD 250 AT empat langkah menggunakan bahan bakar gas LPG, serta melakukan pengembangan dalam hal mekanisme pemasukan dan pencampuran antara udara dan gas dengan melakukan modifikasi pada karburator.

Pada tugas akhir ini akan dibahas karakteristik mesin bensin KD 250 AT empat langkah satu silinder menggunakan bahan bakar gas LPG yang ditinjau berdasarkan performanya berupa bmep, daya dan torsi.

## **1.2 Permasalahan**

Dari uraian diatas, permasalahan yang muncul pada penelitian ini adalah :

Bagaimana unjuk kerja dan karakteristik mesin KD 250 AT empat langkah ketika dimodifikasi menggunakan bahan bakar gas (LPG) dengan melakukan modifikasi pada karburator.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui unjuk kerja mesin mobil fin komodo KD 250AT menggunakan bahan bakar gas LPG
2. Untuk mengetahui karakteristik mesin mobil fin komodo KD 250 AT motor bakar empat langkah menggunakan bahan bakar gas LPG dengan melakukan modifikasi pada Karburator.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan pada mesin kendaraan Fin Komodo dengan nomor seri mesin KD 250 AT motor bensin 4 langkah 1 silinder, volume silinder 250 CC menggunakan karburator vakum sebagai penyalur pasokan udara dan sekaligus sebagai alat percampuran bahan bakar gas LPG dengan udara.
2. Bahan bakar gas lpg yang digunakan adalah gas LPG 3kg yang diproduksi pertamina.
3. Karburator yang dimodifikasi tidak diuji secara khusus, tapi diuji secara langsung pada mesin KD 250 AT termasuk konstanta pada pegas karburator vakum.
4. Kondisi temperatur udara sekitar dianggap ideal.
5. Data diambil pada putaran mesin 2300, 2800, 3300, 3800, 4300, 4800, 5300 dengan toleransi kurang lebih 50.
6. Tidak melakukan analisa pelumasan.
7. Tidak membahas reaksi kimia pada penggunaan bahan bakar gas LPG.
8. Data diambil dengan kondisi kendaraan diam.
9. Tidak ada pembebanan saat pengujian namun hanya variasi putaran.
10. Asumsi efisiensi teoritis sebesar 25% dari buku wiranto aris munandar

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumbangan bagi ilmu pengetahuan serta dapat memberi informasi dan inspirasi kepada masyarakat umum tentang keunggulan penggunaan bahan bakar gas LPG pada mesin mobil fin komodo KD 250 AT ditinjau dari parameter unjuk kerjanya.



## **1.6 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi literatur  
Dasar-dasar pengetahuan mengenai tema dari tugas akhir ini, dilakukan dengan observasi, konsultasi dengan beberapa dosen D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS, dan mencari referensi pada buku, makalah, jurnal-jurnal yang berhubungan dengan unjuk kerja mesin bahan bakar gas LPG dengan tujuan mendapatkan acuan untuk analisa dan perhitungan.
2. Uji Laboratorium  
Melakukan pengujian di Laboratorium Motor Bakar Workshop D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS dengan peralatan mesin dan alat ukur yang telah tersedia untuk mendapatkan data-data yang diperlukan.
3. Analisa Data  
Data-data riil hasil pengujian dianalisis dengan tujuan mengetahui perbandingan penggunaan bahan bakar gas LPG terhadap parameter unjuk kerja mesin KD 250 AT empat langkah.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika penulisan yang bersifat umum adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini akan membahas mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori-teori yang menunjang pelaksanaan penelitian, perhitungan dan pemecahan masalah yang telah diperoleh.

### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan metodologi dan diagram alir dari pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian serta alat-alat yang dipergunakan dalam pelaksanaan pengujian.

### **BAB IV PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana unjuk kerja dan karakteristik dari pengaruh gas LPG pada mesin KD 250 AT empat langkah dengan menggunakan karburator yang di modifikasi. Dalam tahap ini juga dilakukan analisa berdasarkan data-data hasil pengujian yang meliputi :

- a. Putaran mesin.
- b. Temperatur kerja.
- c. Volume udara yang masuk ke mesin.
- d. Konsumsi bahan bakar yang ditunjukan alat ukur dalam putaran tertentu.
- e. Tekanan pada selang gas.
- f. Laju aliran massa bahan bakar.

Yang selanjutnya disajikan dalam tabel-tabel dan grafik untuk memudahkan analisa. Berguna untuk analisa data yang telah diperoleh.

### **BAB V KESIMPULAN**

Bab Kesimpulan menyatakan pernyataan akhir dari uraian dan penjelasan pada bab-bab sebelumnya

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

Halaman ini sengaja dikosongkan.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Motor Bensin Empat Langkah ( 4 Tak )**

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi termal melalui proses pembakaran. Energi termal yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme mesin. Dalam proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. Setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan langkah kerja.

Siklus kerja motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi motor 2 langkah dan motor 4 langkah. Berdasarkan pembatasan masalah, peralatan uji yang digunakan adalah motor Otto berbahan bakar bensin (*spark ignition engine*) dengan sistem 4 langkah. Motor Otto merupakan motor pembakaran dalam karena motor Otto melakukan proses pembakaran gas dan udara di dalam silinder untuk melakukan kerja mekanis.

##### **2.1.1 Prinsip Kerja**

Motor empat langkah merupakan mesin dengan siklus kerja yang terdiri dari langkah isap, kompresi, ekspansi, dan buang. Masing-masing membutuhkan  $180^\circ$  pada putaran *crankshaft* sehingga dalam satu siklus membutuhkan  $720^\circ$ .

Beberapa kejadian berikut, membentuk siklus dalam motor bensin :

1. Mengisi silinder mesin dengan udara.

2. Penekanan isi udara yang menaikkan tekanan dan suhu sehingga kalau bahan bakar diinjeksikan, akan segera menyala dan terbakar secara efisien.
3. Pembakaran bahan bakar dan pengembangan gas panas.
4. Mengosongkan hasil pembakaran dari silinder.

Keempat kejadian ini terjadi berulang-ulang pada waktu mesin menyala. Jika masing-masing dari keempat kejadian ini memerlukan langkah torak yang terpisah, maka daurnya disebut daur empat langkah. Empat kejadian utama ditunjukkan secara skematis pada gambar.



(a) Langkah Hisap



(b) Langkah Kompresi



(c) Langkah Kerja

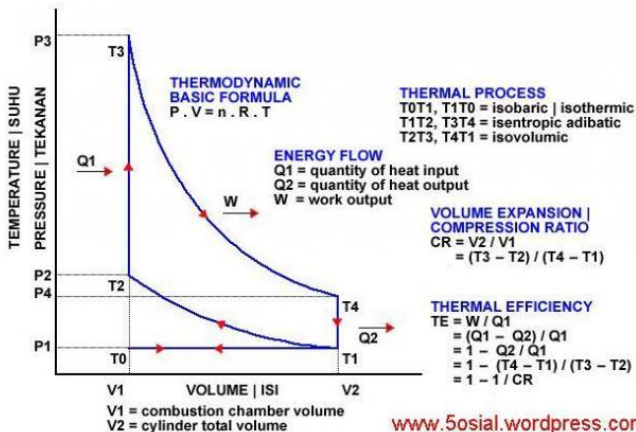


(d) Langkah Buang

*Gambar 2.1. Siklus 4 langkah*  
(Sumber: <http://www.wikipedia.com>)

Keterangan:

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. Saluran hisap | 5. Roda gila     |
| 2. Busi          | 6. Poros engkol  |
| 3. Silinder      | 7. Saluran buang |
| 4. Piston        |                  |



Gambar 2.2. Diagram  $P$  vs  $v$  dari siklus ideal mesin bensin 4 langkah ([www.5osial.wordpress.com](http://www.5osial.wordpress.com))

Proses ( 0-1 ): Langkah Hisap

Pada langkah hisap posisi katup hisap dalam keadaan terbuka, katup buang dalam keadaan menutup serta torak bergerak dari TMA (titik mati atas) menuju ke TMB (titik mati bawah). Akibatnya terjadi kevakuman di dalam silinder yang menyebabkan terisapnya campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder.

Proses ( 1-2 ): Langkah Kompresi Isentropik

Setelah bahan bakar masuk ke dalam silinder torak masih bergerak dari TMA menuju ke TMB, katup hisap mulai menutup sehingga kedua katup dalam keadaan tertutup.

Dengan demikian campuran udara dan bahan bakar tersebut dikompresi oleh tekanan torak ketika torak bergerak dari TMB menuju TMA.

Proses ( 2-3 ): Proses Pembakaran Pada Volume Konstan

Proses pembakaran terjadi sesaat sebelum torak mencapai TMA, busi memercikkan bunga api listrik pada ujung elektrodanya yang menyebabkan terbakarnya campuran udara dan bahan bakar. Akibat proses pembakaran, tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi dan terjadi ledakan. Sesudah torak mencapai TMA energi yang dihasilkan segera diekspansikan oleh torak.

Proses ( 3-4 ): Langkah Ekspansi Isentropik

Ledakan yang terjadi di dalam silinder mengakibatkan tekanan meningkat dan mendorong torak menuju TMB. Pada langkah ini posisi katup hisap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Selama proses ekspansi ini tekanan dan temperatur mulai turun sedikit demi sedikit dan berlangsung proses isentropik.

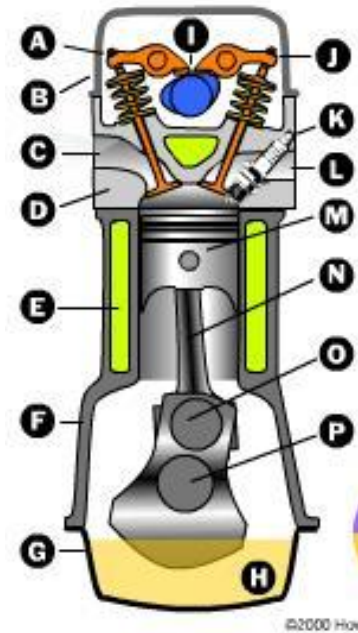
Proses ( 4-1 ): Proses Pembuangan Pada Volume Konstan

Proses pembuangan sejumlah gas pembakaran terjadi pada saat torak mencapai TMB. Pada langkah ini, posisi katup buang terbuka dan katup hisap tertutup. Pada proses ini berlangsung pada volume konstan.

Proses ( 1-0 ): Langkah Buang

Pada langkah buang posisi katup isap dalam keadaan menutup dan katup buang dalam keadaan terbuka sehingga gas bekas keluar dengan sendirinya. Torak bergerak dari TMB menuju ke TMA, mendorong gas sisa pembakaran yang selanjutnya keluar menuju saluran keluar (exhaust manifold).

### 2.1.2 Konstruksi



*Gambar 2.3. Konstruksi mesin bensin empat langkah  
( [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com) )*

Keterangan :

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| A. Mekanisme intake valve | I. Camshaft                |
| B. Cover valve            | J. Mekanisme exhaust valve |
| C. Saluran intake         | K. Busi                    |
| D. Cylinder head          | L. Saluran Exhaust         |
| E. Saluran pendingin      | M. Piston (Torak)          |
| F. Blok engine            | N. Batang Penghubung       |
| G. Bak oli                | O. Bearing Crankshaft      |
| H. Penghisap oli          | P. Crankshaft              |



Beberapa komponen-komponen dalam mesin motor bensin 4 tak adalah:

1. Torak (*Piston*)

Torak merupakan bagian mesin yang bersinggungan langsung dengan gas bertekanan dan bertemperatur tinggi, torak bergerak translasi dengan kecepatan tinggi. Torak pada mesin bensin empat tak dilengkapi dengan tiga ring torak. Ring pada bagian atas berfungsi agar gas pembakaran yang bertekanan tinggi tidak masuk kedalam ruang engkol (*crankcase*). Ring bagian bawah berfungsi sebagai pengontrol oli yang menempel pada dinding silinder.

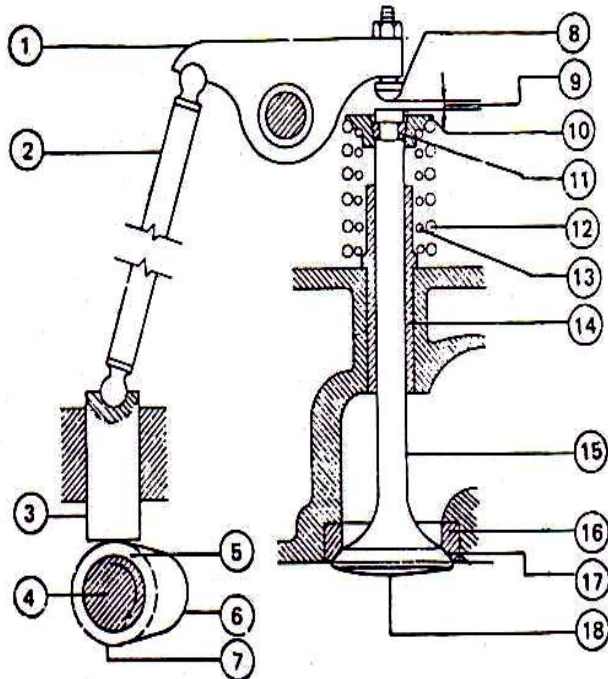


*Gambar 2.4 piston*

2. Katup (*Valve*)

Untuk mesin empat langkah pemasukan bahan bakar dan pembuangan gas sisa pembakaran dilakukan melalui katup masuk dan katup buang. Terbuka dan tertutupnya kedua katup tersebut diatur oleh perputaran poros kam atau poros hubungan. Untuk membedakan antara katup hisap dan katup buang dapat dilihat dari diameter katup. Diameter katup hisap lebih besar daripada katup buang. Ukuran katup hisap ini berfungsi untuk memperbanyak jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam ruang

bakar. Pembukaan dan penutupan katup diatur melalui mekanisme yang ditunjukkan gambar dibawah ini.



*Gambar 2.5 Mekanisme katup  
( Arismunandar, 2002:12 )*

Keterangan:

- |                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Tuas                 | 7. Lingkaran dasar bubungan |
| 2. Batang penekan       | 8. Batang penekan           |
| 3. Pengikut kam (tapet) | 9. Jarak bebas katup        |
| 4. Poros bubungan       | 10. Penahan pegas           |
| 5. Bubungan             | 11. Pemegangan              |
| 6. Ujung bubungan       | 12. Pegas luar              |

- 13. Pegas dalam
- 14. Jalan katup
- 15. Batang katup
- 16. Dudukan katup

- 17. Bidang rapat katup
- 18. Kepala katup

### 3. Karburator

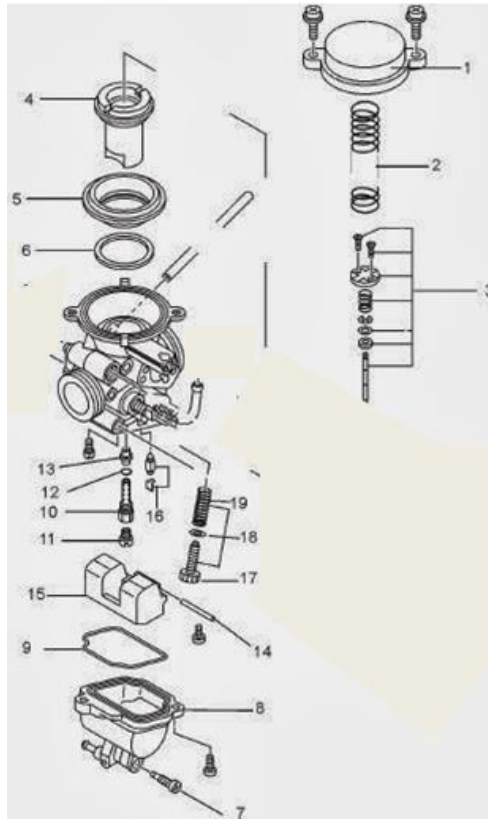
Karburator berfungsi memasukkan campuran udara-bahan bakar kedalam ruang bakar dalam bentuk kabut dan mencampur dengan perbandingan yang tepat pada setiap tingkatan putaran mesin pada mesin yang menggunakan bahan bakar cair.

Dalam tugas akhir karburator tidak sebagai pengkabut bahan bakar melainkan sebagai pengkabut bahan bakar mengingat bahan bakar yang digunakan berupa gas namun sebagai pencampur antara gas dan bahan bakar serta membagi suplai gas ketika saat idle dan saat akselerasi. Dalam hal tugas karburator menggantikan peran dari mixer venturi.

Mixer venturi adalah alat pencampur yang berfungsi untuk mencampur bahan bakar gas dan udara bersih yang masuk. Pencampuran bahan bakar gas dan udara ini dalam perbandingan yang sesuai yang diisyaratkan oleh mesin, sehingga pencampuran dengan ventury mixer dalam sistem bahan bakar gas mempunyai fungsi yang sama dengan karburator dalam sistem bahan bakar bensin.

Untuk dapat menggantikan peran dari mixer venturi perlu dilakukan modifikasi pada karburator. Modifikasi yang dilakukan yaitu:

- a. Menutup lubang udara yang menuju diafragma karburator dan yang menjulubang idle.
- b. Melepas pelampung karburator dan needle valve.
- c. Melepas pilot jet dan main jet.
- d. Melakukan modifikasi pada jarum skep berupa penambahan perekat.
- e. Melakukan pembesaran lubang idle karburator.
- f. Melakukan penambahan packing pada ruang pelampung.



*Gambar 2.6 Bagian bagian karburator*

Keterangan:

- |                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1. Tutup diafragma   | 9. Karet penyekat ruang pelampung |
| 2. Pegas diafragma   | 10. Needle jet                    |
| 3. Katup jarum       | 11. Main jet                      |
| 4. Dudukan diafragma | 12. Seal needle jet               |
| 5. Diafragma         | 13. Linner katup jarum            |
| 6. Packing diafragma | 14. Pen pelampung                 |
| 7. Baut penguras     | 15. Pelampung                     |
| 8. Ruang pelampung   |                                   |

- 16. Needle valve
- 17. Baut pengatur gas

- 18. Ring pengatur gas
- 19. Pegas pengatur gas

Fungsi bagian karburator :

- a. Katup gas  
Mengatur jumlah campuran bahan bakar dengan udara yang akan dimasukkan kedalam ruang bakar. Bentuk lekukan pada bagian bawah katup gas yang mengarah pada lubang pemasukan udara saat posisi menutup akan berfungsi sebagai penutup saluran udara.
- b. Needle Jet  
Berfungsi untuk mengatur jumlah campuran bensin dengan udara yang mengalir melalui saluran penyiram dari  $\frac{1}{4}$  sampai dengan  $\frac{3}{4}$  pembukaan katup.
- c. Pilot jet  
Untuk mengatur jumlah bahan bakar yang digunakan pada waktu putaran rendah.
- d. Main Jet  
Untuk mengatur jumlah bahan bakar yang digunakan pada waktu putaran tinggi.
- e. Ruang pelampung  
Sebagai tempat menampung sementara bahan bakar yang akan dialirkan ke ruang bakar dan untuk mengendapkan kotoran dari bahan bakar yang tidak tersaring filter.
- f. Pelampung  
Untuk mempertahankan tinggi permukaan bahan bakar didalam ruang pelampung agar selalu tepat dan konstan.
- g. Sekrup penyetel udara

Untuk mengatur jumlah udara yang akan bercampur dengan bensin.

h. Sekrup penyetel gas

Untuk mengatur posisi pembukaan katup pada kedudukan terendah untuk menentukan putaran stasioner.

i. Choke

Choke pada dasarnya untuk memberikan supply bahan bakar dengan jalur khusus. Sistem supply bahan bakar dengan karburator biasanya mengandalkan daya hisap mesin untuk menarik bahan bakar. Oleh karena itu, saat karburator tidak bekerja dengan baik, misal pelampung terlalu rendah, maka bahan bakar di karburator perlu diisi dulu dengan mengandalkan daya hisap piston. Hal ini menyebabkan pengisian bahan bakar di ruang bakar menjadi lebih lama. Untuk sedikit memberi kemudahan, maka digunakan choke untuk memberikan bensin berlebih ke silinder sehingga mesin dapat bekerja lebih mudah dengan mengurangi suplai udara yang masuk ke mesin.

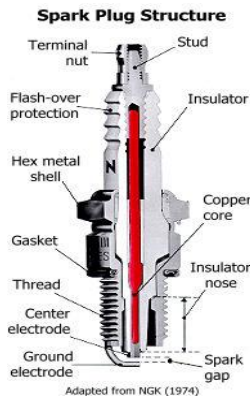
4. Busi

adalah suatu suku cadang yang dipasang pada mesin pembakaran dalam dengan ujung elektroda pada ruang bakar. Busi dipasang untuk membakar bensin yang telah dikompres oleh piston. Percikan busi berupa percikan elektrik. Pada bagian tengah busi terdapat elektroda yang dihubungkan dengan kabel ke koil pengapian (*ignition coil*) di luar busi, dan dengan ground pada bagian bawah busi, membentuk suatu celah percikan di dalam silinder. Busi tersambung ke tegangan yang besarnya ribuan Volt yang dihasilkan oleh koil pengapian (*ignition coil*). Tegangan listrik dari koil pengapian menghasilkan beda tegangan antara elektroda di bagian tengah busi dengan yang di bagian samping. Arus tidak dapat mengalir karena bensin dan

udara yang ada di celah merupakan isolator, namun semakin besar beda tegangan, struktur gas di antara kedua elektroda tersebut berubah. Pada saat tegangan melebihi kekuatan dielektrik daripada gas yang ada, gas-gas tersebut mengalami proses ionisasi dan yang tadinya bersifat insulator, berubah menjadi konduktor. Setelah itu terjadi arus elektron dapat mengakibatkan suhu di celah percikan busi naik drastis, sampai 60.000 K. Suhu yang sangat tinggi ini membuat gas yang terionisasi untuk memuai dengan cepat dan menjadi ledakan.

Rata-rata panas yang dihasilkan ditentukan oleh :

- Panjang hidung insulator
- Volume gas disekitar hidung insulator
- Material dan konstruksi dari pusat elektrode dan porselin insulator.

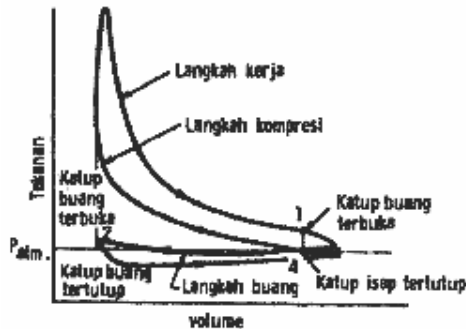


*Gambar 2.7 Busi*

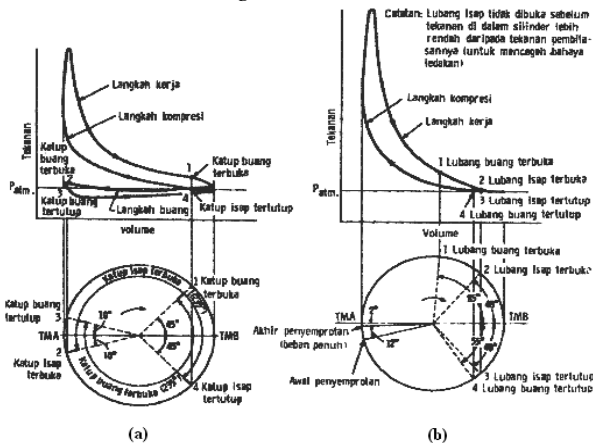
Sekarang sebagai fungsi aktualnya sebagai pemicu pembakaran yang mengirim percikan bunga api melalui rotor, menuju cap, turun pada kawat dan kemudian percikan tersebut melompat pada celah busi. Inti dari busi diciptakan untuk membakar campuran udara–bahan bakar pada ruang bakar. Waktu yang tepat pada percikan ini tidak hanya terpusat pada gambaran diatas tetapi kita harus mempunyai *heat range* dan gap yang benar.

## 2.2 Siklus Aktual Motor Bensin 4 langkah

Dalam siklus ideal masing-masing langkah dimulai dan di akhiri tepat di titik matinya (TMA & TMB), ini berarti tiap satu langkah ekuivalen dengan setengah poros engkol (  $180^\circ$  sudut engkol ). Dalam siklus actual permulaan maupun akhir tiap langkah bukan pada titik matinya.



Gambar 2.8 Diagram P-V Siklus Actual



Catatan: Banyak mesin dua-langkah menutup lubang buang sebelum menutup lubang isapnya untuk memungkinkan terjadinya kenaikan tekanan pembilasan di dalam silinder

Gambar 2.9 Siklus Actual 2 langkah dan 4 langkah (Arismunandar, 2002:12)



### **2.2.1 Langkah Hisap**

Pembukaan katup hisap pada langkah hisap dimulai sekitar 10 derajat sudut engkol sebelum piston mencapai TMA sehingga tepat ketika piston memulai langkah hisap katup masuk sudah terbuka penuh. Sedangkan penutupan dilakukan setelah piston melewati TMB.

### **2.2.2 Langkah Kompresi**

Langkah kompresi dimulai ketika TMB sampai piston mencapai TMA, namun kenaikan tekanan maksimum dicapai setelah melewati TMA karena percikan bunga api dari busi dipercikkan beberapa derajat sebelum mencapai TMA.

### **2.2.3 Langkah Ekspansi**

Proses pemanfaatan tenaga gas yang berlangsung pada langkah ekspansi ini dalam kenyataan lebih pendek dari idealnya, karena sudah harus berakhir sebelum piston mencapai TMB dan katup ex sudah terbuka.

### **2.2.4 Langkah Pembuangan**

Dalam kenyataan proses pembuangan gas hasil pembakaran berlangsung dalam dua periode. Periode pertama dimulai ketika piston masih melakukan kerja ekspansi tetapi katup buang sudah mulai dibuka, keluarnya gas pada periode ini disebabkan tekanan gas didalam silinder diakhir langkah kerja masih lebih tinggi dari tekanan diluar silinder, periode ini disebut proses blow down. Periode kedua dilakukan dengan dorongan piston yang dimulai dari TMB sampai beberapa derajat sesudah piston melewati TMA.

## **2.3 Bahan Bakar LPG**

LPG atau *Liquefied Petroleum Gas* dengan merk dagang ELPIJI merupakan gas cair yang ditabungkan hasil produksi dari kilang minyak dan kilang gas, yang berasal dari gas alam sebagai hasil penyulingan minyak mentah, berbentuk gas. Dengan

menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas kemudian berubah menjadi cair. LPG terdiri dari campuran berbagai unsur hidrokarbon, komponennya didominasi propana ( $C_3H_8$ ) dan butana ( $C_4H_{10}$ ) lebih kurang 99 %. Elpiji juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana ( $C_2H_6$ ) dan pentana ( $C_5H_{12}$ ).

Dalam kondisi atmosfer, elpiji akan berbentuk gas. Volume elpiji dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu elpiji dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam bertekanan. Untuk memungkinkan terjadinya ekspansi panas (*thermal expansion*) dari cairan yang dikandungnya, tabung elpiji tidak diisi secara penuh, hanya sekitar 80-85% dari kapasitasnya.

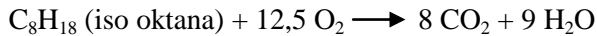
Secara umum gas ELPIJI bersifat :

1. Berat jenis gas ELPIJI lebih besar dari udara, yaitu :
  - Butana mempunyai berat jenis dua kali berat jenis udara.
  - Propana mempunyai berat jenis satu setengah kali berat udara.
2. Tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal.
3. Merupakan Solvent yang baik terhadap karet, sehingga perlu diperhatikan terhadap kemasan atau tabung yang di pakai.
4. Tidak berwarna baik berupa cairan maupun dalam bentuk gas.
5. Tidak berbau. Sehingga untuk keselamatan, ELPIJI komersial perlu ditambah zat odor, yaitu Ethyl Mercaptane yang berbau menyengat seperti petai.
6. Tidak mengandung racun.
7. Bila menguap di udara bebas akan membentuk lapisan karena kondensasi sehingga adanya aliran gas.
8. Setiap kilogram ELPIJI cair dapat berubah menjadi kurang lebih 500 liter gas ELPIJI.

## 2.4 Proses Pembakaran

Proses pembakaran adalah terbakarnya kombinasi kimia antara hidrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen dalam udara dengan waktu yang relatif singkat dan menghasilkan energi dalam bentuk panas. Pembakaran dalam *Spark Ignition Engine* (SIE) dimulai oleh adanya percikan bunga api listrik yang ditimbulkan oleh busi yang kemudian membakar campuran udara–bahan bakar yang mudah terbakar yang disuplai dan dicampur oleh karburator maupun injektor sehingga terjadi ledakan yang sangat hebat dalam ruang bakar pada motor tersebut.

Persamaan kimia untuk pembakaran bahan bakar dalam SIE :

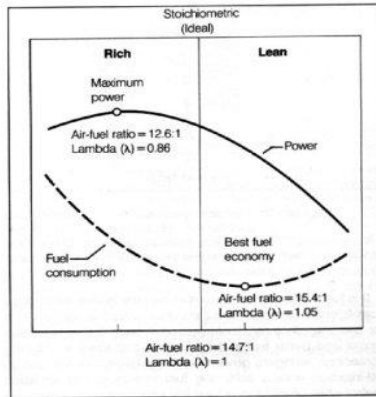


Kombinasi yang diperlukan untuk pembakaran adalah sebagai berikut :

- Adanya campuran udara-bahan bakar yang dapat terbakar. Pada mesin bensin, pencampuran udara-bahan bakar terjadi pada karburator.
- Pembakaran pada mesin bensin terjadi karena adanya pengapian dari loncatan bunga api listrik pada kedua elektroda busi.
- Stabilisasi dan penyebaran api dalam ruang bakar.

### 2.4.1 Perbandingan Udara-Bahan Bakar

Didalam pembakaran, terjadi dalam batasan perbandingan udara-bahan bakar tertentu, yang disebut "*Ignition Limits*". Campuran yang kelebihan bahan bakar dinamakan campuran kaya dan campuran yang kelebihan oksigen dinamakan campuran miskin. Campuran yang mendekati homogen dari bahan bakar dan udara dipersiapkan oleh karburator. Bila campurannya lebih kaya atau lebih miskin, maka berkuranglah nilai untuk terbakar sendiri.

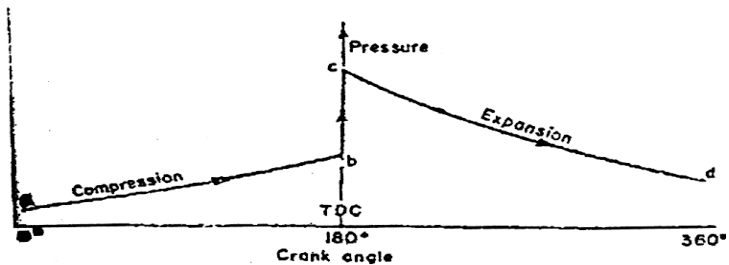


Gambar 2.10 Air Fuel Ratio

## 2.4.2 Pembakaran Dalam SIE

Ada tiga tahapan yang terjadi dalam proses pembakaran pada SIE (spark ignition engine) mulai dari awal sampai akhir pembakaran, yaitu:

Tahap I : *Ignition Lag* (fase persiapan) yaitu membesar dan berkembangnya inti api serta merambatnya inti api tersebut dalam campuran udara–bahan bakar terkompresi dalam ruang bakar. Proses ini merupakan proses kimia yang tergantung pada tekanan dan temperatur, koefisien temperatur bahan bakar yaitu hubungan temperatur dan laju percepatan oksidasi/pembakaran.



Gambar 2.11 Diagram  $P - V$  teoritis  
(Arismunandar, 2002:12)

Tahap II : *Propagation of Flame* yaitu dimana api mulai merambat dan menyebar ke seluruh ruang bakar. Proses mekanis banyak mempengaruhi proses ini. Proses ini dianggap berjalan baik apabila api dengan cepat merambat sehingga tidak ada campuran bahan bakar yang tidak terbakar. Dengan begitu akan terjadi pembakaran yang sempurna. (B – C)

Tahap III : *After Burning*, setelah terjadi reasosiasi pada proses pembakaran maka berikutnya akan terjadi diasosiasi ada gas-gas hasil pembakaran. Setelah titik C

## 2.5 Pengukuran

### 2.5.1 Pengukuran Tekanan Bahan Bakar Gas

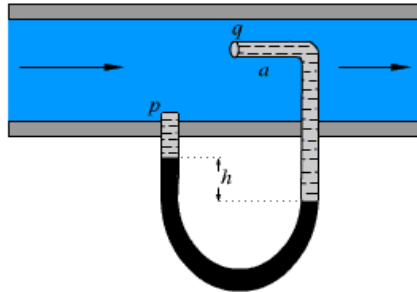
Tekanan bahan bakar gas dapat diketahui dengan melihat tekanan gas LPG yang dihasilkan dari pressure gauge. Terlihat pada notasi tekanan gas regulator bahan bakar LPG yang dipakai tekanan berkisar 0 – 1  $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ . Sehingga dari pengukuran pressure gauge didapat tekanan statis dari gas LPG



Gambar 2.12 Notasi tekanan gas LPG pada pressure gauge

### 2.5.2 Pengukuran Laju Bahan Bakar Gas

Laju bahan bakar gas dapat di ukur dengan menggunakan alat ukur bernama pitot tube. Dengan mengukur tekanan yang terjadi pada sisi muka dan belakang pitot flow meter akan diperoleh laju alirannya, seperti pada skema gambar sebagai berikut :



Gambar 2.13 Pitot tube

Berdasarkan gambar diatas maka laju aliran masa aktual dari bahan bakar gas LPG adalah :

Perhitungan laju aliran massa ( m ) pada LPG

Persamaan Bernoulli

$$P - P_0 = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\rho_{alat\ ukur} \times g \times h = \frac{1}{2} \times \rho_{lpg} \times v^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2 (\rho_{alat\ ukur} \times g \times h)}{\rho_{lpg}}}$$

Mencari  $\rho_{lpg}$

Diketahui tekanan pada regulator lpg =  $0,3 \frac{kg}{cm^2}$

$$0,3 \frac{kg}{cm^2} = 0,29 \text{ atm} + 1 \text{ atm} = 1,29 \text{ atm}$$

$$1,29 \text{ atm} = 127486 \text{ Pa}$$

Persamaan gas ideal

$$P V = n R T$$

$$P V = R T$$

Dimana,  $V = 1 / \rho$

Kecepatan rata2 ( $\bar{U}$ )

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Kecepatan rata-rata ( $\bar{U}$ ) untuk aliran laminar

$$\bar{U} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi R^2} = -\frac{R^2}{8\mu} \left( \frac{\delta p}{\delta x} \right)$$

$$U = U_{max} = -\frac{R^2}{4\mu} \left( \frac{\delta p}{\delta x} \right) = 2 \bar{U}$$

$$U = U_{max} = 2 \bar{U}$$

Maka,

$$\bar{U} = \frac{1}{2} U_{max}$$

Kecepatan rata-rata ( $\bar{U}$ ) untuk aliran turbulent

$$\frac{\bar{U}}{V} = \frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)}$$

Dimana :

$$n = -1,7 + 1,8 \log Re$$

Kapasitas laju aliran fluida gas LPG (Q)

$$Q = V \times A$$

Keterangan :

Q = Kapasitas laju aliran fluida gas LPG  $\left( \frac{m}{s} \right)$

A = Luas penampang selang gas LPG  $(m^2)$

Mencari laju aliran massa gas LPG ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} = Q \times \rho_{lpg} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

$Q$  = Kapasitas laju aliran fluida gas LPG  $\left( \frac{m}{s} \right)$

$\rho_{lpg}$  = Laju aliran massa gas LPG  $\left( \frac{kg}{m^3} \right)$

### 2.5.3 Pegukuran Putaran Mesin

Pengukuran putaran mesin dapat di ukur dengan menggunakan alat ukur bernama tecnotest. Dengan mengukur putaran mesin dengan mendeteksi watu pengapiannya yang tersambung pada daya aki dan kabel busi. Didapat putaran mesin secara digital yang ditunjukkan dengan rpm.



Gambar 2.14 Tecnotest saat pengukuran rpm

### 2.5.4 Pengukuran Air Fuel Ratio (AFR)

Pengukuran air fuel ratio (AFR) dapat diukur dengan menggunakan alat ukur bernama anemometer. Pengukuran AFR



dilakukan dengan membandingkan antara volume udara yang masuk dan laju aliran massa bahan bakar digunakan. Pengukuran volume udara yang masuk diukur dari bagian pemasukan udara karburator.



*Gambar 2.15. Anemometer*

Mencari laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} \text{ udara} = \rho \times A \times V$$

Keterangan:

$A$	= Luas penampang saluran masuk	$(\text{m}^2)$
$V$	= Kecepatan udara masuk	$(\frac{\text{m}}{\text{s}})$
$\rho$	= Massa jenis udara	$(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$

## 2.6 Unjuk Kerja

### 2.6.1 *Performance* Mesin

*Performance* atau unjuk kerja suatu mesin sangat tergantung pada energi yang dihasilkan dari campuran bahan bakar yang diterima oleh mesin serta efisiensi termal dari mesin tersebut (kemampuan mesin untuk mengubah energi dari campuran bahan bakar menjadi kerja output dari mesin). Dari kondisi diatas menunjukkan ada dua metode umum untuk meningkatkan *performance* atau unjuk kerja dari suatu mesin, yaitu :

1. Meningkatkan energi input

Meningkatkan energi input dari bahan bakar ini dapat dilakukan dengan cara memperbesar pasokan bahan bakar dengan udara yang masuk kedalam ruang bakar, menggunakan bahan bakar yang mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi atau dengan menambahkan zat aditif ke dalam bahan bakar sehingga proses pembakaran yang terjadi lebih sempurna.

2. Meningkatkan efisiensi *thermal* dari mesin ( $\eta_{th}$ )

Efisiensi *thermal* dari mesin adalah perbandingan antara daya mesin yang dihasilkan dengan energi yang dibangkitkan dari campuran bahan bakar. Meningkatkan efisiensi *thermal* dari mesin pada mesin otto dapat dilakukan antara lain dengan cara menaikkan rasio kompresi.

### 2.6.2 Tekanan Efektif Rata – Rata (bmep)

Tekanan efektif rata-rata pengamat dari motor, (*Break Mean Effective Pressure*) didefinisikan sebagai tekanan efektif rata-rata teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif pengamatan.

$$b_{mep} = \frac{\eta \times \dot{m} \times LHV}{V \times \omega} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

B <sub>mep</sub>	= Tekanan efektif rata-rata	(KPa)
η	= Efisiensi thermis	(HP)
$\dot{m}$	= Laju aliran massa	(KJ/Kg)
LHV	= Low Heating Value	(Kg/s)
n	= Putaran mesin	(rpm)
V <sub>sil</sub>	= Volume silinder	(m <sup>3</sup> )

### 2.6.3 Daya

Pada motor bakar torak, daya yang berguna ialah daya yang terjadi pada poros. Karena poros itulah yang menggerakkan beban motor. Daya poros itu sendiri dibangkitkan oleh daya indicator yang merupakan daya hasil pembakaran yang menggerakkan piston. Sebagian besar daya indikator yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar di gunakan untuk mengatasi gerak mekanik pada peralatan mesin itu sendiri, misalnya kerugian karena gesekan antara dinding silinder dengan ring piston, poros dengan bantalan. Disamping itu pula daya indicator ini juga harus menggerakkan berbagai peralatan tambahan seperti pompa pelumas, pompa air pendingin atau pompa bahan bakar dan generator listrik, sehingga daya akhir yang efektif yang dihasilkan dari proses pembakaran adalah

$$N_e = N_i - ( N_g + N_a )$$

Keterangan:

N <sub>e</sub>	= daya proses atau daya efektif	(Ps)
N <sub>i</sub>	= daya indikator	(Pg)
N <sub>g</sub>	= daya gesek	(Ps)
N <sub>a</sub>	= daya aksesoris	(Pa)

Untuk mengetahui daya poros diperlukan beberapa peralatan laboratorium dibutuhkan dinamometer untuk mengukur momen putar dan tachometer untuk mengukur kecepatan putaran poros engkol kemudian daya poros dihitung dengan persamaan :

$$N = b_{mep} \times V \times z \times n \times 2\pi \times a \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

N	= daya motor	(Watt)
B <sub>mep</sub>	= Tekanan efektif rata-rata	(Pa)
V	= Volume silinder	(m <sup>3</sup> )
z	= Jumlah silinder	
a	= 1 siklus (motor 2-langkah) 0,5 siklus (motor 4-langkah)	
n	= Putaran mesin	(rpm)

#### 2.6.4 Torsi ( T )

Poros yang bergerak dengan kecepatan tertentu, akan menghasilkan momen torsi atau momen puntir, waktu berputarnya dan torsi sendiri adalah kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja:

$$T = \frac{.N}{\omega} \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

$\omega$	= $\frac{2.\pi.n}{60}$	( $\frac{rad}{sec}$ )
T	= Torsi ( N.m)	
BHP	= Daya generator (daya efektif) (Hp)	
n	= Kecepatan putaran mesin	(rpm)

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Penelitian**

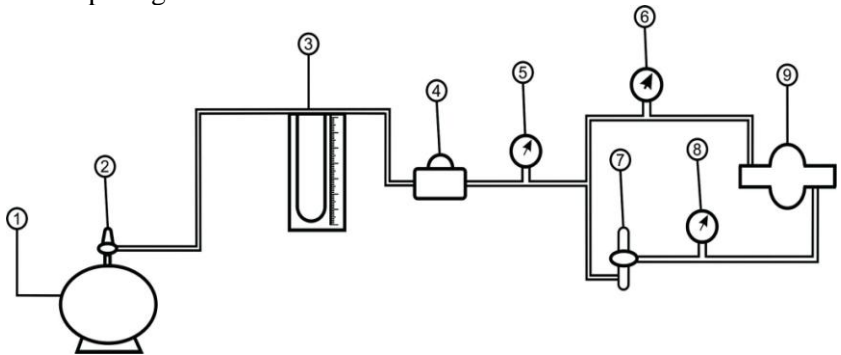
Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja dari mesin mobil fin komodo KD 250AT empat langkah dengan menggunakan bahan bakar gas LPG. Metode yang dilakukan dengan cara menghitung parameter unjuk kerja penggunaan bahan bakar Gas LPG dengan metode uji variabel speed terhadap perbandingan laju aliran massa dan beban konstan.

### **3.2 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Pembakaran Dalam Workshop Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus Sukolilo Surabaya.

### **3.3 Instalasi Percobaan**

Skema instalasi percobaan secara sederhana menggunakan bahan bakar Gas LPG dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



*Gambar 3.1. Skema Instalasi percobaan sederhana Gas LPG*

Keterangan Gambar 3.1 :

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. Tabung Gas LPG       | 6. Pressure Gauge 1 Bar   |
| 2. Regulator Gas LPG    | 7. Regulator Gas LPG      |
| 3. Manometer pipa U     | 8. Pressure Gauge 60 mBar |
| 4. Katup Solenoid       | 9. Karburator             |
| 5. Pressure Gauge 2 Bar |                           |

Dan untuk instalasi percobaan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1. untuk instalasi gas LPG yang sebelumnya sudah melalui proses penyetingan terlebih dahulu.



*Gambar 3.2. Instalasi percobaan mesin mobil fin komodo KD 250AT berbahan bakar Gas LPG*

### **3.4 Peralatan Percobaan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin Mobil Fin Komodo KD 250AT
  - a. Model : KD 250AT
  - b. Piston dan silinder  
Volume silinder : 250 cc

- c. Putaran
  - Putaran idle : 2.300 rpm
  - Putaran tinggi : 7.000 rpm
- d. Kecepatan maksimal : 60 km/jam
- e. Kapasitas tangki bahan bakar: 21 Liter
- f. Kapasitas minyak pelumas : 1,2 Liter



*Gambar 3.3. Mobil Fin Komodo KD 250AT*



*Gambar 3.4. Karburator mobil fin komodo KD 250AT*



## 2. Pressure Gauge

Pressure Gauge digunakan untuk mengetahui seberapa besar tekanan yang dihasilkan gas LPG pada selang bahan bakar yang menuju karburator mesin mobil fin komodo KD 250AT sehingga dengan mengetahui tekanan tersebut kita dapat mendapatkan unjuk kerja yang kita cari.



*Gambar 3.5. Pressure gauge  
2 Bar*



*Gambar 3.6. Pressure Gauge  
1 Bar*



*Gambar 3.7. Pressure Gauge 60 mBar*

### 3. Tecnotest

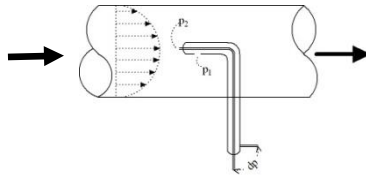
Tecnotest digunakan untuk mengukur putaran dari mesin bekerja dengan cara mengukur putaran mesin dengan mendeteksi waktu pengapiannya yang tersambung pada daya aki. Didapat putaran mesin secara digital yang ditunjukkan dengan rpm.



*Gambar 3.8. Tecnotest*

### 4. Pitot Flow Meter

Pitot flow meter merupakan alat ukur aliran yang cukup murah, paling mudah pemasangannya, namun ketelitiannya cukup tinggi diantara alat ukur aliran jenis flowmeter. Pitot ini untuk berfungsi untuk pencarian laju aliran massa dari gas dengan cara melihat perbedaan ketinggian di dua sisi selang pitot tersebut.



*Gambar 3.9. Pitot tube*

#### 5. Katup Solenoid

Katup solenoid digunakan untuk cut off bahan bakar LPG ketika mesin mati yang tersambung dengan kunci kontak. Katup solenoid berada diantara regulator LPG dan selang bahan bakar.



*Gambar 3.10. Katup Solenoid*

#### 6. Pressure Regulator Manual

Pressure Regulator Manual berfungsi sebagai pegatur tekanan gas yang keluar dari tangki secara

manual sesuai dengan kebutuhan bahan bakar gas pada mesin mobil fin komodo.



*Gambar 3.11. Pressure Regulator Manual*

#### 7. Presssure Regulator Manual

Pressure Regulator Manual berfungsi sebagai pegatur tekanan gas yang mengalir dari selang bahan bakar menuju karburator untuk suplai bahan bakar pada putaran idle secara manual sesuai dengan kebutuhan mesin mobil fin komodo.



*Gambar 3.12. Presssure Regulator Manual Saluran Idle*

#### 8. Anemometer

Pengukuran air fuel ratio (AFR) dapat diukur dengan menggunakan alat ukur bernama anemometer. Pengukuran AFR dilakukan dengan membandingkan antara volume udara yang masuk dan laju aliran massa bahan bakar digunakan. Pengukuran volume udara yang masuk diukur dari bagian pemasukan udara karburator.



*Gambar 3.13. Anemometer*

#### 9. Tachometer

Untuk mengukur temperatur kerja saat bahan bakar LPG melewati selang. Pengukuran ini dilakukan di pipa transparan pada manometer pipa U .



*Gambar 3.14. Tachometer*

### 3.5 Bahan Bakar Uji

Bahan bakar pengujian yang digunakan dalam percobaan adalah gas LPG 3 kg Pertamina. Di bawah ini adalah ciri-ciri bahan bakar yang digunakan dalam pengujian :

*Tabel 3.1. Nilai massa jenis bahan bakar uji*

Bahan Bakar Yang Diuji	$\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)$
Gas LPG	2,17

Ciri-ciri bahan bakar diatas diteliti di Laboratorium Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, Surabaya.

### 3.6 Prosedur Pengujian

Tahapan-tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 3.6.1 Prosedur Persiapan Pengujian

- a. Pemeriksaan kerapatan baut pada sambungan poros dan bantalan mesin.
- b. Pengecekan kondisi saluran bahan bakar, minyak pelumas dan pemasangan aki pada kendaraan.
- c. Periksa kerapatan baut karburator pada *intake manifold*, baut pada diafragma, dan baut pada saluran bahan bakar.
- d. Pasang selang cairan pendingin pada karburator dan periksa sabungan seling gas pada *throttle*.
- e. Mempersiapkan bahan uji dari gas LPG, serta mempersiapkan alat ukur pengujian yang digunakan seperti *technotest*, pitot, manometer.
- f. Pastikan regulator pada saluran iddle tertutup rapat.
- g. Pemeriksaan kabel pada rumah kunci kontak dan persiapkan kunci kontak.
- h. Cek selang bahan bakar agar terhubung dengan baik. Dan periksa kerapatan pada klem selang.
- i. Pasang pressure regulator valve manual pada tabung LPG dan hubungkan pada selang, kemudian pasang pitot flow meter diantara pressure regulator manual dan masukan gas pada karburator.
- j. Setelah semua dipastikan telah terpasang dengan benar, putar regulator yang terpasang pada LPG lalu putar agar bahan bakar dapat memeriksa apakah gas yang ada dapat mengalir dengan baik pada saluran iddle. Setelah memeriksa adanya bahan bakar pada saluran iddle, angkat jarum skep menggunakan jari untuk memeriksa bahan bakar yang mengalir pada saluran akselerasi.
- k. Pengecekan alat ukur apakah telah terhubung dengan baik dan bekerja dengan baik.

1. Jika semua prosedur persiapan telah dilakukan semua maka percobaan sudah dapat dilakukan.

### **3.6.2 Prosedur Saat Pengujian.**

- a. Pastikan kondisi karet pada tabung LPG dalam kondisi bagus sebelum mesin dihidupkan.
- b. Putar perlahan-lahan regulator pada LPG. Putar kunci kontak dan nyalakan mesin. Tunggu hingga  $\pm 5$  menit agar putaran mesin stabil.
- c. Melakukan *choke*-ing jika mesin belum dapat stabil atau mengalami mati saat proses penyalanya.
- d. Setelah mesin dapat menyala dengan stabil, pasang *technotest*.
- e. Melihat dan mencatat perbedaan ketinggian fluida pada pitot flow meter dengan variabel putaran yang telah ditentukan.
- f. Melihat besar tekanan pada 3 manometer yang terpasang dan mencatatnya dalam lembar pengamatan.
- g. Untuk mendapatkan data-data yang valid dapat dilakukan pengulangan percobaan beberapa kali dengan variabel putaran yang telah ditentukan.

### **3.6.3 Prosedur Setelah Pengujian.**

- a. Lepaskan pedal gas secara perlahan hingga putaran iddle stabil.
- b. Putar regulator yang terpasang pada LPG secara perlahan hingga mesin dirasa hampir mati.
- c. Matikan mesin lalu dengan segera memutar regulator LPG *fully closed*. Dan melepas regulator yang terpasang pada LPG.
- d. Setelah mesin dingin, karburator dapat dilepas.

Dengan diperolehnya semua data yang diperlukan, data-data tersebut dapat dianalisa dengan perumusan pada buku referensi masing-masing laju massa aliran dan kecepatan aliran dapat dicari. Untuk mempermudah



penganalisaan, hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik pada setiap variasi putaran mesin.

### 3.7 Prosedur Percobaan

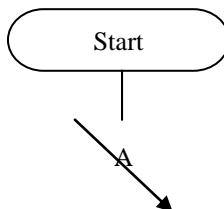
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan variasi sebagai berikut :

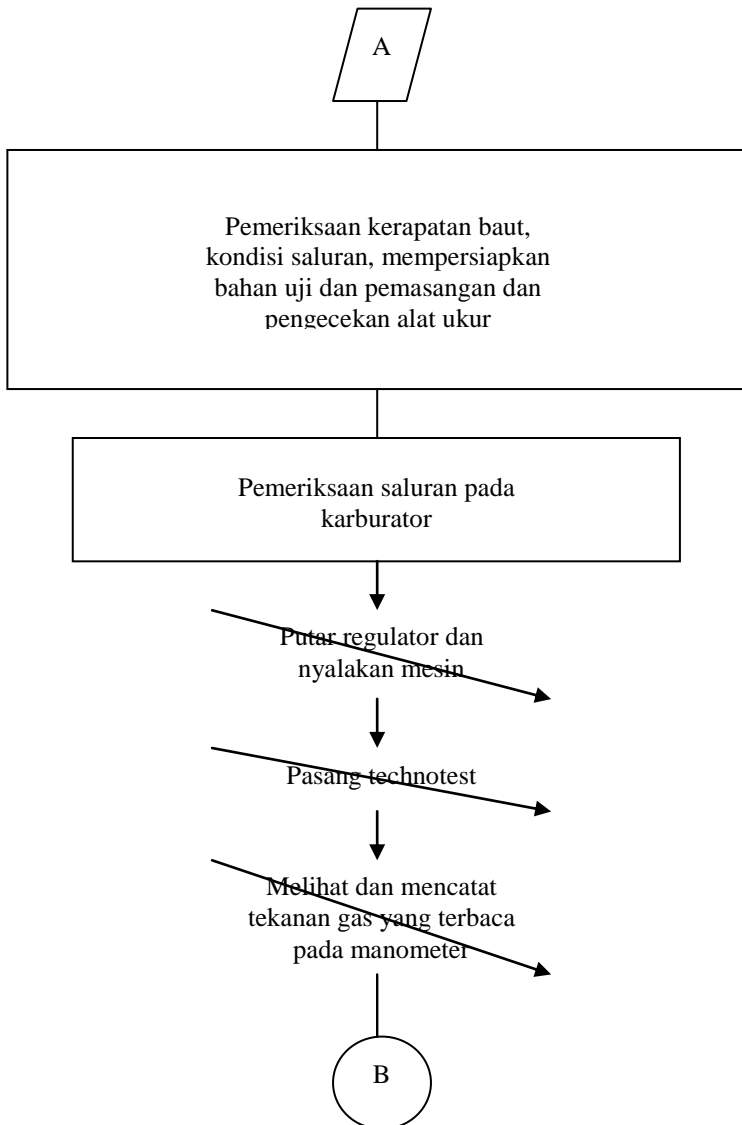
1. Melakukan pengujian di laboratorium pengujian untuk mendapatkan data – data sebagai berikut :
  - a. Tekanan aliran gas pada sistem.
  - b. H (selisih ketinggian fluida yang terbaca dalam pipa pitot flow meter) untuk mendapatkan kapasitas aliran.
2. Analisa data, dalam hal ini dilakukan analisa berdasarkan data–data pengujian yang meliputi :
  - a. Laju aliran masa gas LPG.
  - b. Bmep.
  - c. Bsfc.
  - d. Daya.
  - e. Torsi.
3. Pembahasan dan evaluasi perbandingan, dalam tahap ini akan dilakukan pembahasan serta evaluasi perbandingan terhadap hasil – hasil yang didapat.
4. Kesimpulan.

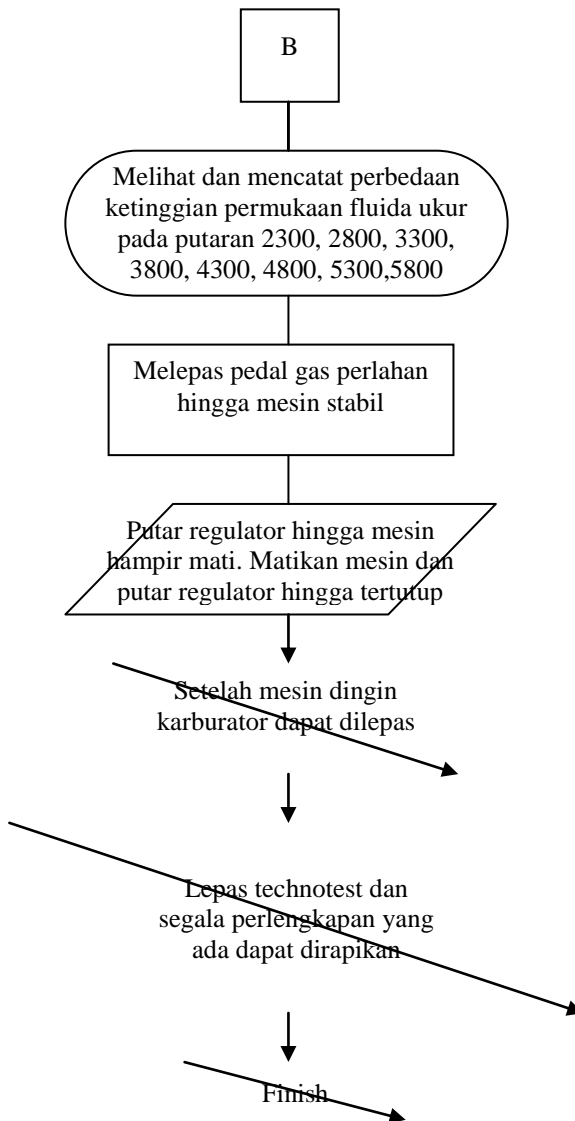
### 3.8 Diagram Alir Pengujian

Urutan langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:

#### 3.8.1 Diagram Alir Pengujian Dengan LPG







*Gambar 3.15. Diagram alir pengujian*

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah melakukan serangkaian pengujian unjuk kerja mesin mobil fin komodo KD 250AT menggunakan bahan bakar gas lpg dengan variasi putaran pada putaran 2300 sampai pada putaran tinggi 5800 rpm maka data yang dapat diketahui yaitu Tekanan Efektif rata-rata, Daya, Torsi dan Bsfc. Selain itu juga dapat mengetahui laju aliran masa pada bahan bakar gas lpg melalui hasil pengukuran perbedaan ketinggian ( $H_{\text{pitot}}$ ) manometer tabung U pitot serta pembahasan reaksi kimia pada lpg untuk mendapatkan air fuel ratio dan diameter saluran masuk pada idle.

Untuk mempermudah perhitungan unjuk kerja dari data hasil pengujian. Beberapa data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Data engine :

- a. Jumlah silinder : 1
- b. Volume langkah : 250 cc
- c. Siklus : 4 langkah  $\Rightarrow a = \frac{1}{2}$

2. Data bahan bakar :

a. Gas LPG :

1) Lower Heating Value, LHV :  $47000 \frac{kJ}{kg}$

3. Data cairan ukur pada manometer tabung U pitot

a. Pertalite :

1)  $\rho$  bahan bakar :  $772 \frac{kg}{m^3}$

4. Data putaran mesin

- a. Putaran idle : 2300 rpm
- b. Putaran tinggi : 5800 rpm

#### 4.2 Analisa Hasil Pengujian Mesin Mobil Fin Komodo KD 250AT Menggunakan Bahan Bakar Gas LPG

Pengujian unjuk kerja Mesin Mobil Fin Komodo 250AT mesin menggunakan bahan bakar gas LPG yang sudah dilakukan, memberikan suatu hasil performa mesin dengan metode variabel putaran tanpa pembebanan.

Data Pengukuran pada manometer pitot ( $H_{\text{pitot}}$ ) Bahan Bakar Gas untuk mengetahui besar Laju aliran massa bahan bakar gas yang dibutuhkan mesin. Dapat diketahui dengan mengukur perbedaan ketinggian permukaan pertalite ( $H_{\text{pitot}}$ ) pada manometer tabung U pitot terhadap variasi putaran pada putaran idle 2300 dan putaran tinggi pada 5800 rpm. Dari hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil pengamatan ketinggian manometer tabung U pitot dan tekanan manometer terhadap variasi putaran.

No.	Putaran (rpm)	$\Delta h$ (mm)	P1 (Bar)	P2 (Bar)	P3 (mBar)
1	2300	1	0.25	0.2	20
2	2800	2	0.25	0.2	20
3	3300	4	0.25	0.2	20
4	3800	6	0.25	0.2	20
5	4300	7	0.25	0.2	20
6	4800	9	0.25	0.2	20
7	5300	10	0.25	0.2	20
8	5800	11	0.25	0.2	20

#### 4.3 Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Gas LPG

Dalam perhitungan digunakan 2 data yaitu pada putaran idle 2300 rpm dan putaran tinggi 5800 rpm.

### 4.3.1 Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Gas LPG Pada Putaran Idle 2300 rpm

Contoh: Perhitungan percobaan pada data pertama dengan putaran konstan 2300 rpm dengan menggunakan bahan bakar gas LPG.

Diketahui :

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| a. Putaran mesin  | : 2300 rpm              |
| b. Perbedaan ketinggian permukaan fluida Pada manometer pipa U ( $H_{\text{pitot}}$ ) | : 1 mm                  |
| c. $\rho_{\text{cairan ukur}}$ (Pertalite)  | : 772 kg/m <sup>3</sup> |
| d. Diameter selangsaluran LPG ( $D_1$ )   | : 10 mm                 |
| e. Tekanan pada selang 1  | : 0,25 Bar              |
| f. Temperatur kerja bahan bakar lpg   | : 35°C                  |

Persamaan Bernoulli

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + g z = \frac{P_0}{\rho} + \frac{V_0^2}{2} + g z$$

$$\frac{P_0 - P_1}{\rho} = \frac{V_1^2}{2}$$

$$P_0 - P_1 = \frac{1}{2} \times \rho \times V_1^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2 (P_0 - P_1)}{\rho_{lpg}}}$$

$P_0 - P_1$  , didapat dengan pitot  
Maka,

$$P_0 - P_1 = \rho_{\text{cairan ukur}} \times g \times h$$

$$V = \sqrt{\frac{2 (\rho_{\text{cairan ukur}} \times g \times h)}{\rho_{lpg}}}$$

A. Perhitungan massa jenis bahan bakar ( $\rho_{lpg}$ )

- Hitung tekanan statis bahan bakar ( $P_{st}$ )

Diketahui : Tekanan pada selang 1 = 25000 Pa (gauge)

Maka,

$$\begin{aligned}P_{st} &= P_1 + 1 \text{ atm} \\&= 25000 \text{ Pa} + 101325 \text{ Pa} \\&= 126325 \text{ Pa}\end{aligned}$$

- Hitung Konstanta Gas ( R ) pada gas lpg

$$\begin{aligned}\text{Diketahui: Komposisi lpg} &= \text{Propana } 50\% \quad R = 0,189 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg.K}} \\&= \text{Butana } 50\% \quad R = 0,143 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg.K}}\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}R_{\text{lpg}} &= (R_{\text{propana}} \times 50\%) + (R_{\text{butana}} \times 50\%) \\&= (0,189 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg.K}} \times 50\%) + (0,143 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg.K}} \times 50\%) \\&= 0,166 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg.K}}\end{aligned}$$

- Persamaan gas ideal

$$P V = m R T$$

$$\frac{P V}{m} = R T$$

$$v = V / m$$

$$P v = R T$$

$$\text{Dimana, } v = 1 / \rho$$

Maka,

$$\begin{aligned}\rho_{\text{lpg}} &= \frac{P}{R.T} \\&= \frac{126325 \text{ Pa}}{0,166 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \cdot 308 \text{ K}}\end{aligned}$$

$$= \frac{126325 \frac{\text{Kg}}{\text{m s}^2}}{166 \frac{\text{Kg m}^2 \text{K}}{\text{Kg s}^2} \cdot 308 \text{ K}}$$

$$= 2,47 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

## B. Perhitungan Kecepatan

Maka,

$$V = \sqrt{\frac{2 (772 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,001 \text{ m})}{2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{15,147 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^3}}{2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}$$

$$= 2,48 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

## C. Perhitungan kecepatan rata – rata ( $\bar{U}$ )

- Mencari reynold Number

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Diketahui :

- Kecepatan aliran fluida gas LPG (V) :  $2,48 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Diameter pipa gas LPG ( $D_1$ ) : 0,01 m
- Viskositas absolut LPG ( $\mu_{lpg}$ ) :  $0,00011 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$

Maka,

$$\text{Re} = \frac{2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2,48 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,01 \text{ m}}{0,00011 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}}$$

$$= \frac{0,061256}{0,00011}$$



$$= 556,872 < 2300 \quad \{ \text{aliran laminar} \}$$

- Hitung Kecepatan rata – rata (  $\bar{U}$  ) aliran laminar

$$\bar{U} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi R^2} = -\frac{R^2}{8\mu} \left( \frac{\delta p}{\delta x} \right)$$

$$U = U_{\max} = -\frac{R^2}{4\mu} \left( \frac{\delta p}{\delta x} \right) = 2 \bar{U}$$

$$U = U_{\max} = 2 \bar{U}$$

$$\bar{U} = \frac{1}{2} U_{\max}$$

Maka,

$$\bar{U} = \frac{1}{2} U_{\max}$$

$$= \frac{1}{2} \times 2,48 \frac{m}{s}$$

$$= 1,24 \frac{m}{s}$$

D. Mencari laju aliran massa gas LPG ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} = V \times A \times \rho_{lpg}$$

Diketahui : Luas penampang selang gas LPG (A) : 0,0000785 m<sup>2</sup>

Maka,

$$\dot{m} = V \times A \times \rho_{lpg}$$

$$= 1,24 \frac{m}{s} \times 0,0000785 \text{ m}^2 \times 2,47 \frac{kg}{m^3}$$

$$= 0,0002404 \frac{kg}{s}$$

$$= 0,87 \frac{kg}{jam}$$

#### 4.3.2 Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Gas LPG Pada Putaran Tinggi 5800 rpm

Contoh: Perhitungan percobaan pada data ke-8 dengan putaran konstan 5800 rpm dengan menggunakan bahan bakar gas LPG.

Diketahui :

- a. Putaran mesin : 5800 rpm
- b. Perbedaan ketinggian permukaan fluida  
Pada manometer pipa U ( $\Delta h$ ) : 11 mm
- c.  $\rho$  cairan ukur (Pertalite) : 772 kg/m<sup>3</sup>
- d. Diameter selangsaluran LPG ( $D_1$ ) : 10 mm
- e. Tekanan pada selang 1 : 0,25 Bar
- f. Temperatur kerja bahan bakar lpg : 35°C
- g. Massa jenis LPG ( $\rho_{lpg}$ ) : 2,47  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

#### A. Perhitungan kecepatan ( v )

Maka,

$$V = \sqrt{\frac{2 \left( 772 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,011 \text{ m} \right)}{2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{166,613 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^3}}{2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}$$

$$= 8,21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### B. Perhitungan kecepatan rata – rata ( $\bar{U}$ )

- Mencari reynold Number

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Diketahui :

- a. Kecepatan aliran fluida gas LPG (V) : 8,21  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$
- b. Diameter pipa gas LPG ( $D_1$ ) : 0,01 m
- c. Viskositas absolut LPG ( $\mu_{lpg}$ ) : 0,00011  $\frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$

Maka,

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 8,21 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,01 \text{ m}}{0,00011 \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}} \\
 &= \frac{0,202787}{0,00011} \\
 &= 1843,52 < 2300 \quad \{ \text{aliran laminar} \}
 \end{aligned}$$

- Hitung Kecepatan rata – rata (  $\bar{U}$  ) aliran laminar

$$\begin{aligned}
 \bar{U} &= \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{1}{2} \pi R^2} = -\frac{R^2}{8\mu} \left( \frac{\delta p}{\delta x} \right) \\
 U &= U_{\max} = -\frac{R^2}{4\mu} \left( \frac{\delta p}{\delta x} \right) = 2 \bar{U} \\
 U &= U_{\max} = 2 \bar{U} \\
 \bar{U} &= \frac{1}{2} U_{\max}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \bar{U} &= \frac{1}{2} U_{\max} \\
 &= \frac{1}{2} \times 8,21 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 &= 4,105 \frac{\text{m}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

C. Mencari laju aliran massa gas LPG ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m} = V \times A \times \rho_{lpg}$$

Diketahui : Luas penampang selang gas LPG (A) : 0,0000785 m<sup>2</sup>

Maka,

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= V \times A \times \rho_{lpg} \\
 &= 4,105 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,0000785 \text{ m}^2 \times 2,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\
 &= 0,0007959 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \\
 &= 2,87 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

D. Mencari laju aliran massa gas LPG ( $\dot{m}$ ) pada putaran akselerasi dari putaran 2300 rpm keputaran 5800rpm

$$\begin{aligned}\dot{m}_{Acc} &= \dot{m}_{5800} - \dot{m}_{idle} \\ &= 0,0007959 \frac{\text{kg}}{\text{s}} - 0,0002404 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \\ &= 0,0005555 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \\ &= 1,99 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}\end{aligned}$$

#### 4.4 Perhitungan Air Fuel Ratio

Untuk dapat menyalakan mesin diperlukan campuran bahan bakar dan udara yang sesuai. Perhitungan secara teoritis campuran bahan bakar dan udara didapat air fuel ratio sebesar 1:17, namun dalam tugas akhir ini dilakukan perhitungan air fuel ratio kondisi aktual.

Dalam proses pengujian menggunakan anemometer didapat:

$$V = 1,174 \text{ m/s}$$

$$T_{\text{udara}} = 45^{\circ}\text{C}$$

Dari tabel Appendix A.10 temperatur udara  $45^{\circ}\text{C}$  didapat massa jenis udara sebesar  $1,11 \text{ kg/m}^3$

Mencari Reynold Number

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{1,11 \cdot 1,174 \cdot 0,03}{0,000017}$$

$$\text{Re} = 2299,65 < 2300 \quad \{ \text{aliran laminar} \}$$

Hitung Kecepatan rata – rata ( $\bar{U}$ ) aliran laminar

$$\begin{aligned}\bar{U} &= \frac{1}{2}U_{\max} \\ &= \frac{1}{2} \times 1,174 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ &= 0,587 \frac{\text{m}}{\text{s}}\end{aligned}$$

Menghitung laju aliran massa udara

$$\dot{m} \text{ udara} = \rho \times A \times V$$

$$\dot{m} \text{ udara} = 1,11 \text{ kg/m}^3 \times 0,0007065 \text{ m}^2 \times 0,587 \text{ m/s}$$

$$\dot{m} \text{ udara} = 0,000460 \text{ kg/s}$$

perhitungan air fuel ratio:

$$\text{AFR} = \frac{\dot{m} \text{ bahan bakar}}{\dot{m} \text{ udara}}$$

$$\text{AFR} = \frac{0,0002404}{0,000460}$$

$$\text{AFR} = 1 : 1,9$$

#### 4.5 Perhitungan Unjuk Kerja

Untuk memberikan gambaran perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja dari mesin mobil fin komodo KD 250AT didapatkan bmep, daya, torsi, dan bsfc maka diambil data dari pengujian untuk kondisi performa mesin menggunakan bahan bakargas LPG pada putaran tertinggi 5800 rpm. diketahui :

Effisiensi teoritis ( $\eta$ )	= 25%
Low Heating Value LPG (LHV)	= 47.000 Kj/Kg
Laju aliran massa gas LPG ( $\dot{m}$ )	= 0,0007959 $\frac{\text{kg}}{\text{s}}$

Volume silinder (V)	= 0,00025 m <sup>3</sup>
Jumlah Silinder (z)	= 1
Siklus (a)	= 4 langkah
	= 1/2

#### 4.5.1 Tekanan Efektif rata-rata (Bmep)

Maka untuk mengetahui tekanan efektif rata-rata digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Bmep = \frac{\eta \times \dot{m} \times LHV}{V \times n \times 2\pi \times a \times z} \text{ (Pa)}$$

Dimana :

$\eta$	= Efisiensi teoritis	
$n$	= Putaran mesin	( rpm )
	= 5800	( rpm )
$V$	= Volume silinder	(m <sup>3</sup> )
$z$	= Jumlah silinder	
$a$	= siklus 4 langkah	

Dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$Bmep = \frac{0,25 \times 47000 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \times 0,0007959 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,00025 \text{ m}^3 \times 5800 \text{ rpm} \times 2\pi \times 1 \times \frac{1}{2}}$$

$$Bmep = \frac{0,25 \times 47000 \frac{1000 \text{ Nm}}{\text{Kg}} \times 0,0007959 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,00025 \text{ m}^3 \times \frac{5800}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times 2\pi \times 1 \times \frac{1}{2}}$$

$$Bmep = 123177,035 \text{ Pa}$$

#### 4.5.2 Daya (N)

Untuk mengetahui Daya, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$N = Bmep \times V \times z \times n \times a \times \frac{2\pi}{60000} \text{ (KW)}$$

Dimana :

Bmep	= TekananEfektif rata-rata	( Pa )
n	= Putaran mesin	( rpm )
	= 5800	( rpm )
V	= Volume silinder	(m <sup>3</sup> )
z	= Jumlah silinder	
a	= siklus 4 langkah	

Dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$N = 123177,035 \text{ Pa} \times 0,00025 \text{ m}^3 \times 1 \times 5800 \text{ rpm} \times \frac{1}{2} \times \frac{2\pi}{60000}$$

$$N = 123177,035 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 0,00025 \text{ m}^3 \times 1 \times 5800 \text{ rpm} \times \frac{1}{2} \times \frac{2\pi}{60000}$$

$$N = 9,35 \text{ KW}$$

#### 4.5.3 Torsi (T)

Untuk mengetahui Torsi, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Torsi} = \frac{N}{\omega}$$

$$\text{Torsi} = \frac{60 \times N}{2\pi \times n} (\text{Nm})$$

Dimana :

N	= Daya	( Watt )
n	= Putaranmesin	( rpm )
	= 5800	( rpm )

Dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Torsi} = 9350 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ min}}{2\pi \times 5800} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}}$$

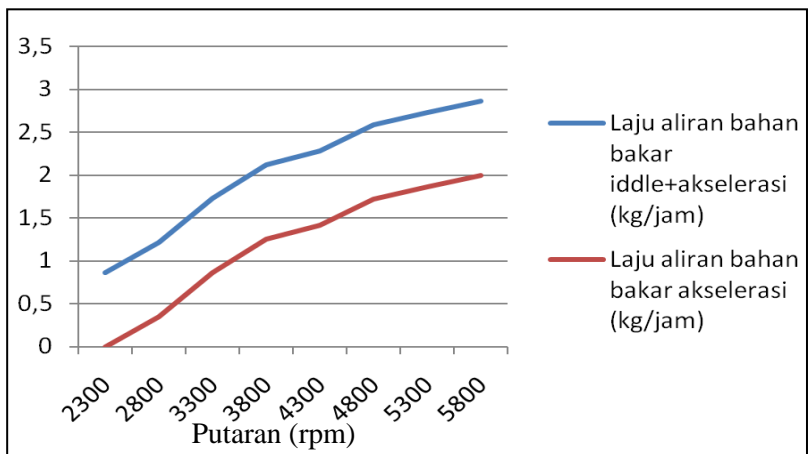
$$\text{Torsi} = 15,39 \text{ Nm}$$

## 4.6 Hasil percobaan

### 4.6.1 Hasil Laju Aliran Massa Gas LPG Saat Iddle Dan Akselerasi

Tabel 4.2 Hasil laju aliran massa gas LPG saat iddle dan akselerasi perjam

Putaran	m perjam	m aks per jam
2300	0,86554728	0
2800	1,2215385	0,35599122
3300	1,72760445	0,86205717
3800	2,11849677	1,25294949
4300	2,28602205	1,42047477
4800	2,59315173	1,72760445
5300	2,73275613	1,86720885
5800	2,86538031	1,99983303



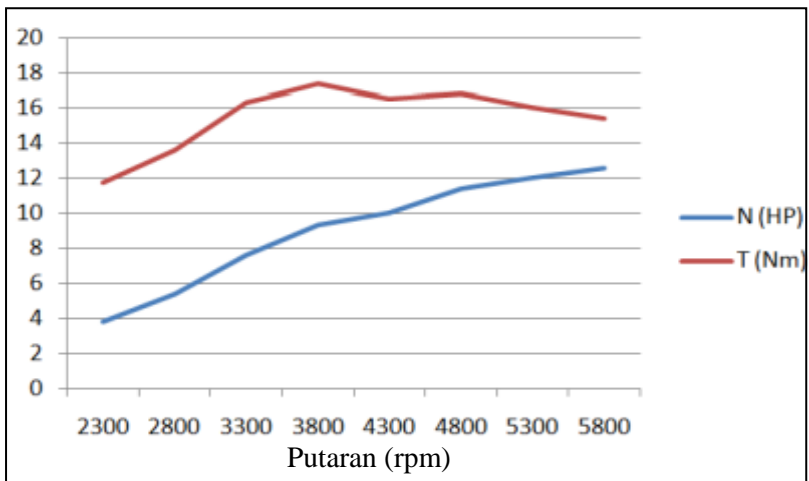
Gambar 4.1. Grafik Hasil laju aliran massa gas LPG saat iddle dan akselerasi perjam



#### 4.6.2 Hasil Perhitungan Daya Dan Torsi

Tabel 4.3 Hasil perhitungan daya dan torsi berbanding dengan putaran

Putaran	N (HP)	T
2300	3,78605884	11,72778
2800	5,34363464	13,59675
3300	7,55794355	16,31722
3800	9,26828463	17,37689
4300	10,000613	16,5697
4800	11,3440025	16,83765
5300	11,955	16,07052
5800	12,5346266	15,39713



Gambar 4.2. Grafik perhitungan daya dan torsi berbanding dengan putaran

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, semakin banyak konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan.
2. Hasil perhitungan air fuel ratio aktual didapat perbandingan 1 : 1,9 yang mana hasil analisa teoritis sebesar 1 : 17,06 dengan artian campuran bahan bakar pada saat pengujian lebih kaya dibanding dengan analisa teoritis.
3. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin maka daya yang dihasilkan besar pula, daya maksimum berada pada putaran 5800. Daya maksimum sebesar 12,5 hp pada putaran 5800. Torsi maksimum menurut putaran mesin didapat torsi maksimum sebesar 17,37Nm pada putaran 3800 rpm.

#### **5.2 Saran**

Penulis menyadari bahwa hasil pengujian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan hasil pengujian ini. Selain itu penulis juga menyarankan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses penelitian tugas akhir mengenai perubahan bahan bakar pada mesin otomotif yang berbahan bakar bensin menjadi bahan bakar LPG, antara lain:

1. Dapat dikembangkan dengan variasi-variasi lain seperti perhitungan konstanta pegas pada karburator vacum serta akibat yang ditimbulkan jika terdapat perubahan pada

konstanta pegas dan perhitungan tekanan bahan bakar pada saluran iddle.

2. Menggunakan karburator konvensional sebagai pembandingan dengan karburator vakum.
3. Dapat dilakukan penelitian mengenai mesin otomotif dengan kondisi kendaraan berjalan lurus maupun kondisi kendaraan menanjak dengan kemiringan yang bervariasi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Arismunandar, Wiranto, 2002, Penggerak Mula Motor Bakar Torak, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.

Burhanudin, Tulus, 2002, Tinjauan Pengembangan Bahan Bakar Gas Sebagai Bahan Bakar Alternatif, Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara, Indonesia.

Fox, Robert W., 2003, Introduction to Fluid Mechanics, sixth edition, United State of America.

Ganesan, V., 2003, Internal Combustion Engines, Second edition : Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi, India.

Pritchard, Philip J., 2011, Introduction to Fluid Mechanics, eighth edition, United State of America

Moran, Michael J., 2011, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Seventh edition, United State of America

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya 04 september 1996, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu, SDN Ketintang 3 Surabaya, SMPN 12 Surabaya, dan SMK Katolik St. Louis Surabaya. Pada tahun 2014 Penulis diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin FTI – ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 2114030065. Konversi Energi merupakan bidang studi yang dipilih penulis dan mengambil tugas akhir dibidang yang sama khususnya pada matakuliah Mesin Pembakaran Dalam. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Pembangkit Jawa Bali (PJB) Unit Pembangkit Paiton Probolinggo. Selama menempuh pendidikan perguruan tinggi penulis telah mengikuti berbagai pelatihan dan berpartisipasi sebagai panitia kegiatan. Ketertarikan penulis di bidang perlombaan, mendorongnya untuk aktif di berbagai perlombaan.

## LAMPIRAN

Tabel Appendix A.10 dalam buku Introduction to Fluid Mechanics (Fox, Robert W. and McDonald, Alan T)

*Table A.10*

Properties of Air at Atmospheric Pressure (SI Units)

Temperature, $T(^{\circ}\text{C})$	Density, $\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	Dynamic Viscosity, $\mu \text{ (N} \cdot \text{s/m}^2\text{)}$	Kinematic Viscosity, $\nu \text{ (m}^2\text{/s)}$
0	1.29	1.72E-05	1.33E-05
5	1.27	1.74E-05	1.37E-05
10	1.25	1.76E-05	1.41E-05
15	1.23	1.79E-05	1.45E-05
20	1.21	1.81E-05	1.50E-05
25	1.19	1.84E-05	1.54E-05
30	1.17	1.86E-05	1.59E-05
35	1.15	1.88E-05	1.64E-05
40	1.13	1.91E-05	1.69E-05
45	1.11	1.93E-05	1.74E-05
50	1.09	1.95E-05	1.79E-05
55	1.08	1.98E-05	1.83E-05
60	1.06	2.00E-05	1.89E-05
65	1.04	2.02E-05	1.94E-05
70	1.03	2.04E-05	1.98E-05
75	1.01	2.06E-05	2.04E-05
80	1.00	2.09E-05	2.09E-05
85	0.987	2.11E-05	2.14E-05
90	0.973	2.13E-05	2.19E-05
95	0.960	2.15E-05	2.24E-05
100	0.947	2.17E-05	2.29E-05

Tabel Appendix G.1 dalam buku Introduction to Fluid Mechanics  
(Fox, Robert W. and McDonald, Alan T)

Table G.1

SI Units and Prefixes<sup>a</sup>

SI Units	Quantity	Unit	SI Symbol	Formula
SI base units:	Length	meter	m	—
	Mass	kilogram	kg	—
	Time	second	s	—
	Temperature	kelvin	K	—
SI supplementary unit:	Plane angle	radian	rad	—
SI derived units:	Energy	joule	J	N · m
	Force	newton	N	kg · m/s <sup>2</sup>
	Power	watt	W	J/s
	Pressure	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>
	Work	joule	J	N · m
SI prefixes	Multiplication Factor	Prefix	SI Symbol	
	1 000 000 000 000 = 10 <sup>12</sup>	tera	T	
	1 000 000 000 = 10 <sup>9</sup>	giga	G	
	1 000 000 = 10 <sup>6</sup>	mega	M	
	1 000 = 10 <sup>3</sup>	kilo	k	
	0.01 = 10 <sup>-2</sup>	centi <sup>b</sup>	c	
	0.001 = 10 <sup>-3</sup>	milli	m	
	0.000 001 = 10 <sup>-6</sup>	micro	μ	
	0.000 000 001 = 10 <sup>-9</sup>	nano	n	
	0.000 000 000 001 = 10 <sup>-12</sup>	pico	p	

<sup>a</sup>Source: ASTM Standard for Metric Practice E 380-97, 1997.

<sup>b</sup>To be avoided where possible.

Tabel spesifikasi *Tachometer* yang digunakan :

Time base	Quartz crystal 4,9152MHz
Display	Reversible 5 digit 0,6" (16 mm) LCD display
Laser light source	Less than 1 mW; Class 2 red laser diode (645 nm approx)
Detecting distance	2 to 79" (50 to 2000 mm) depending on ambient light and rpm
Memory	Last reading and MIN/MAX readings
Operating condition	32° F 'till 122° F; RH 80 % max
Power supply	4 x 1,5 Volt AA batteries
Power consumption	24 mA DC approx. (>100 hours continuous use)
Weight	300 gram (include battery)
Size	(210 x 80 x 50) mm
Accessories	(4) 1,5 Volt batteries, relative tape 24" (600 mm), (10 surface speed) and (20 rpm rotating attachment and carrying case)
Patent notice	U.S Patent 7,111,981

Data Hasil Penelitian :

No	Keterangan	Nilai
1	Kecepatan Angin ( $\bar{v}$ )	3.2 m/s, 5.5 m/s, 7.2 m/s
2	Temperatur Ruangan ( $T$ )	31 <sup>0</sup> C
3	Diameter Turbin Angin ( $D_T$ )	300 mm
5	Diameter Pulley ( $D_P$ )	34 mm
6	Jumlah Blade	3 blade
7	Angle Of Attack ( $\alpha$ )	20°, 40°, 60°
8	Beban ( $m$ )	0-3600 gram



